

REC'D 19 JUL 2000

WIPO

DE 00/01231

02/11
149



4

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

| | |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Aktenzeichen: | 199 18 373.2 |
| Anmeldetag: | 22. April 1999 |
| Anmelder/Inhaber: | Siemens Aktiengesellschaft, München/DE |
| Bezeichnung: | Korrektur von Frequenzfehlern in Teilnehmer- stationen |
| IPC: | H 04 L, H 04 Q, H 04 B |

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 05. Juli 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Nietiedt

This Page Blank (uspto)

Beschreibung

Korrektur von Frequenzfehlern in Teilnehmerstationen

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Frequenzsynchronisation von Teilnehmerstationen eines Funk-Kommunikationssystems und eine derartig ausgebildete Teilnehmerstation.

10 In Funk-Kommunikationssystemen werden Daten (beispielsweise Sprache, Bildinformation oder andere Daten) mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen über eine Funkschnittstelle übertragen. Die Funkschnittstelle bezieht sich auf eine Verbindung zwischen einer Basisstation und Teilnehmerstationen, wobei die Teilnehmerstationen Mobilstationen oder ortsfeste
15 Funkstationen sein können. Das Abstrahlen der elektromagnetischen Wellen erfolgt dabei mit Trägerfrequenzen, die in dem für das jeweilige System vorgesehenen Frequenzband liegen. Für zukünftige Funk-Kommunikationssysteme, beispielsweise das UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) oder andere
20 Systeme der 3. Generation, sind Frequenzen im Frequenzband von ca. 2000 MHz vorgesehen.

5 In Funk-Kommunikationssystemen sind nur sehr geringe Frequenzabweichungen zwischen Basisstation und Teilnehmerstation zulässig, um die Wahrscheinlichkeit von Detektionsfehlern gering zu halten. Während die Basisstation eine sehr hohe Frequenzgenauigkeit relativ einfach erreichen kann, sind für die Teilnehmerstationen aus Gründen der Kosten, der Größe und des Stromverbrauch Frequenzabweichungen unvermeidbar. Diese
30 Frequenzabweichungen sollen durch eine Frequenzsynchronisation der Teilnehmerstationen auf die Basisstation auf einen ausreichend kleinen Restversatz reduziert werden.

35 Im GSM-Mobilfunksystem (GSM global system for mobile communication) ist eine Frequenzkorrektur durch Auswertung eines eigenen Funkblocks der Basisstation zur Bestimmung des Frequenzfehlers durch die Mobilstation bekannt. Nach J.Ebers-

pächer, H.-J.Vogel, „GSM Global System for Mobile Communication“, Teubner Verlag, 1997, S.83-84, entspricht dieser Funkblock einem unmodulierten Träger mit festem Abstand über der Trägerfrequenz. Der Meßbereich ist damit vorgeben und die
5 Meßgenauigkeit kann nur durch eine entsprechend aufwendigere Auswerteschaltung in den Mobilstationen erhöht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Frequenzsynchronisation von Teilnehmerstationen anzugeben,
10 das die Ressourcen der Funkschnittstelle gut nutzt und eine genaue Frequenzsynchronisation ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und die Teilnehmerstation mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst.
15 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Frequenzsynchronisation von Teilnehmerstationen eines Funk-Kommunikationssystems ist die Teilnehmerstation über eine Funkschnittstelle mit einer
20 Basisstation verbunden. Die Teilnehmerstation empfängt zumindest zwei getrennte Meßsequenzen der Basisstation und wertet sie aus, wobei die Teilnehmerstation den zeitlichen Abstand der zwei Meßsequenzen kennt. Es wird eine Phasendifferenz zwischen den zwei Meßsequenzen bestimmt und aus der Phasendifferenz eine Frequenzabweichung ermittelt. Somit kann ba-
25 sierend auf der Frequenzabweichung eine Frequenznormale nachregelt werden.

Solche Meßsequenzen können kurz sein und auch sehr häufig
30 gesendet werden, damit werden kaum funktechnische Ressourcen gebunden und für die Differenzbildung ergeben sich vielfältige Möglichkeiten, die zu einer schnellen und sehr genauen Frequenzsynchronisation führen.

35 Nach vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung entsprechen die Meßsequenzen Mittambeln innerhalb von Funkblöcken bzw. Pilotsignale oder Teile davon, wobei die Mittambeln bzw.

Pilotsignale zur Kanalschätzung vorgesehen sind. Alternativ werden die Meßsequenzen zusätzlich zu Mittambeln bzw. Pilot-signalen gesendet. Beides kann auch miteinander kombiniert werden. Mittambeln oder Pilotsignale werden für die Kanal-
5 schätzung regelmäßig gesendet und sind mit ihrer Signalform den Teilnehmerstationen bekannt. Eine Auswertung für die Frequenzsynchronisation bedeutet keinen zusätzlichen Ressourcenbedarf. Zusätzliche Meßsequenzen können die Frequenzsyn-
chronisation durch eine größere Anzahl von Meßpunkten auch an
10 den Stellen ergänzen oder ersetzen, an denen normalerweise keine Mittambeln bzw. Pilotsignale gesendet werden.

Nach weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen der Erfindung werden die Phasendifferenz zwischen aufeinanderfolgenden
15 Meßsequenzen oder nicht aufeinanderfolgenden Meßsequenzen bestimmt werden. Je größer der Abstand der Meßsequenzen, umso höher ist die Meßgenauigkeit für die Phasendifferenz. Je kleiner der Abstand, um so größer ist der Meßbereich.

20 Für die Frequenzsynchronisation einer Teilnehmerstation ist es daher von Vorteil, wenn zuerst eine Messung mit großem Meßbereich und anschließend in einem weiteren Schritt eine Messung mit hoher Meßgenauigkeit durchgeführt wird. Ein ite-
ratives Verfahren findet eindeutig und mit hoher Genauigkeit
5 des richtige Frequenz. Während des Betriebs der Teilnehmerstation kann die Frequenzsynchronisation vorteilhafterweise zyklisch wiederholt werden.

Die Anordnung der Meßsequenzen in den Signalen der Basissta-
30 tion kann den Erfordernissen an Meßbereich und -genauigkeit angepaßt werden. Vorteilhafte Möglichkeiten sind:
für eine funkblockartige Übertragung sind die Meßsequenzen zu Beginn und Ende des Funkblocks angeordnet,
für eine kontinuierliche Übertragung sind die Meßsequenzen zu
35 Beginn und Ende eines datentragenden Abschnitts angeordnet.

Bei Mobilfunkanwendung muß mit einer Mehrwegeausbreitung der Signale gerechnet werden. Somit sind im Empfangssignal bei der Teilnehmerstation zu Beginn des Empfangs der Meßsequenzen noch Einflüsse vorangegangener Signalanteile wirksam und
5 überlagern die Meßsequenz. Um die Meßgenauigkeit zu erhöhen ist es vorteilhaft, daß der Beginn der Meßsequenzen für die Phasendifferenzbestimmung nicht berücksichtigt wird, sondern erst die Teile der Meßsequenzen, die nach Ablauf einer Umweglaufzeit eintreffen.

10

Nach einer weiteren Ausbildung der Erfindung werden die bestimmten Phasendifferenzen vor der Ermittlung der Frequenzabweichung gemittelt. Bei der Bestimmung des Mittelwertes und der Varianz der Differenzen erhält man zusätzlich ein Maß für
15 die Zuverlässigkeit der Meßwerte.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann vorteilhafterweise in Funk-Kommunikationssystemen mit CDMA-Teilnehmerseparierung (CDMA code division multiple access) sowohl im FDD- als auch
20 im TDD-Modus (FDD frequency division duplex, TDD time division duplex) eingesetzt werden. Ein Einsatz in einem Funk-Kommunikationssystem mit einer Funkschnittstelle nach einem TDD-Übertragungsverfahren mit einer TD-CDMA-Teilnehmerseparierung (TD-CDMA time division CDMA) und ggf. richtungsselektivem Abstrahlungsdiagramm der Antennen ist besonders vor-
25 teilhaft. Um die Vorteile der flexiblen Kapazitätserhöhung (soft capacity) durch Zuweisung zusätzlicher Codes oder eine Veränderung des Spreizfaktors zu nutzen, sind die Frequenzbänder breitbandig und die Datenanteile sind mit einem teil-
30 nehmer- bzw. kanalindividuellen Spreizkode gespreizt.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert.

35 Dabei zeigen

Fig 1 ein Blockschaltbild eines Mobilfunknetzes,

- Fig 2 eine schematische Darstellung der Kanalstruktur des TDD- und FDD-Übertragungsverfahrens,
Fig 3 eine Phasendifferenzmessung anhand der Abwärtsrichtung des TDD-Übertragungsverfahrens,
5 Fig 4 Meßsequenzen bei einer funkblockartigen Übertragung,
Fig 5 Meßsequenzen bei einer kontinuierlichen Übertragung, und
Fig 6 ein Blockschaltbild einer Teilnehmerstation.

10 Das in Fig 1 dargestellte Funk-Kommunikationssystem entspricht in seiner Struktur einem bekannten GSM-Mobilfunknetz, das aus einer Vielzahl von Mobilvermittlungsstellen MSC besteht, die untereinander vernetzt sind bzw. den Zugang zu einem Festnetz PSTN herstellen. Weiterhin sind diese Mobilvermittlungsstellen MSC mit jeweils zumindest einem Basisstationscontroller BSC verbunden. Jeder Basisstationscontroller BSC ermöglicht wiederum eine Verbindung zu zumindest einer Basisstation BS. Eine solche Basisstation BS ist eine Funkstation, die über eine Funkschnittstelle eine Funkverbindung zu Teilnehmerstationen, z.B. Mobilstationen MS, aufbauen kann.

In Fig 1 sind beispielhaft drei Funkverbindungen zur Übertragung von Nutzinformationen und Signalisierungsinformationen zwischen drei Mobilstationen MS und einer Basisstation BS dargestellt, wobei einer Mobilstation MS zwei Datenkanäle DK1 und DK2 und den anderen Mobilstationen MS jeweils ein Datenkanal DK3 bzw. DK4 zugeteilt sind. Jeder Datenkanal DK1..DK4 repräsentiert ein Teilnehmersignal.

30

Ein Operations- und Wartungszentrum OMC realisiert Kontroll- und Wartungsfunktionen für das Mobilfunknetz bzw. für Teile davon. Die Funktionalität dieser Struktur wird vom Funk-Kommunikationssystem nach der Erfindung genutzt; sie ist jedoch auch auf andere Funk-Kommunikationssysteme übertragbar, in denen die Erfindung zum Einsatz kommen kann.

35

Ein Übertragungskanal wird durch Chipfolge, dem Spreizkode charakterisiert. Ein bestimmter Spreizkode wird für einen Übertragungskanal verwendet und ist damit kanalindividuell. Ein Übertragungskanal wird weiterhin durch eine Trägerfrequenz und bei TDD-Modus zusätzlich durch einen Zeitschlitz bezeichnet. Es wird angenommen, daß ein erster Teil der Mobilstationen MS Sprachinformationen überträgt und ein zweiter Teil der Mobilstationen MS Paketdaten überträgt.

10 Fig 2 zeigt die Funkschnittstelle zwischen Basisstation BS und Mobilstation MS in beiden Übertragungsverfahren. Die Übertragung in den unterschiedlichen Frequenzbänder FB1, FB2, FB3 ist untereinander synchronisiert. Dabei werden breitbandige Frequenzbänder mit z.B. $B = 1,6$ oder 5 MHz genutzt.

15 Für beide Übertragungsverfahren und beide Übertragungsrichtungen werden die Signale mehrerer Teilnehmerstationen MS gleichzeitig in einem Frequenzband FB1, FB2, FB3 übertragen, wobei eine Unterscheidung anhand von individuellen Spreizkodes erfolgt. Es wird folglich ein CDMA (code division multiple access) Teilnehmerseparierungsverfahren eingesetzt, das eine Anpassung der Datenrate einer Verbindung zwischen Basisstation BS und Teilnehmerstation MS durch Zuordnung eines oder mehrerer Spreizkodes oder Änderung des Spreizfaktors ermöglicht.

Beim TDD-Übertragungsverfahren folgt dem Umschaltpunkt ein Zeitintervall, der von den Teilnehmerstationen MS willkürlich als Zugriffskanal für eine Anforderung einer Ressourcenzuteilung genutzt wird. Im Aufwärtsrichtung UL kommt eine burstartige Übertragung in Zeitschlitz zu Einsatz, wobei ein von einer Teilnehmerstation MS gesendeter Funkblock jeweils eine Kanalmeßsequenz (Mittambel) in mitten zweier Datenanteile da umfaßt. Zwischen den Funkblöcken sind Übertragungspausen als Schutzabstände zur besseren Trennbarkeit der empfangenen Signale vorgesehen. In Abwärtsrichtung DL liegt eine kontinuierliche Übertragung vor.

Beim FDD-Übertragungsverfahren sind Auf- und Abwärtsrichtung UL, DL gleichartig und entsprechend der Abwärtsrichtung DL des TDD-Übertragungsverfahrens strukturiert. Während einer
5 kontinuierlichen Übertragung wechseln sich zyklisch Kanalmeßsequenzen (Pilotsignale) ma und Datenanteile da ab.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann sowohl im FDD- als auch im TDD-Modus eingesetzt werden. Voraussetzung für die Frequenzsynchronisation ist die Messung der Phasendifferenz von
10 zwei Meßsequenzen, deren zeitlicher Abstand in der Teilnehmerstation MS bekannt ist. Aus $\Delta f = \Delta \varphi / \Delta t$ läßt sich eine Frequenzabweichung ermitteln, die zur Nachregelung einer Frequenznormalen der Teilnehmerstation MS dient.

15

Für den Meßbereich und die Meßgenauigkeit sind jedoch die Abstände Δt (entspricht Δt in obiger Formel) zwischen den Meßsequenzen zu beachten. Beim GSM-Mobilfunksystem beträgt der Abstand der Mittambeln als Kanalmeßsequenzen ca. 577 μ s.
20 Der Meßbereich für die Frequenzabweichung beträgt somit ca. ± 877 Hz. Dies entspricht bei einer Trägerfrequenz von ca. 900 MHz einem zulässigen Frequenzfehler von etwa $\pm 10^{-6}$. Bei größeren Abweichung treten Mehrdeutigkeiten auf.

Auch bei anderen Funk-Kommunikationssystemen beträgt der Abstand der Kanalmeßsequenzen üblicherweise zwischen 400 und 700 μ s (z.B. bei UMTS 625 μ s). Bei 625 μ s ergibt sich ein Meßbereich von ca. ± 800 Hz. Für eine Trägerfrequenz von ca. 2 GHz ergibt sich ein zulässiger Frequenzfehler von etwa
30 $\pm 0,4 \cdot 10^{-6}$ für eine eindeutige Messung.

Durch das häufige Aussenden der Kanalmeßsequenzen sind pro Sekunde sehr viele Messungen möglich. Damit läßt sich eine entsprechend hohe Meßgenauigkeit erzielen. Für eine Teilnehmerstation MS ist es für eine Anfangssynchronisation im
35 Sinne einer Iteration vorteilhaft, zuerst aufeinanderfolgende Meßsequenzen auszuwerten, um einen großen Meßbereich mit ein-

deutiger Messung zu erreichen, und dann nicht aufeinanderfolgende Meßsequenzen auszuwerten, um innerhalb kleinerer Meßbereiche eine höhere Meßgenauigkeit zu erzielen. Bei einer später zyklisch wiederholten Synchronisation kann sofort mit
5 einem kleineren Meßbereich begonnen werden.

Für die Bestimmung der Phasendifferenz aus zwei Meßsequenzen wurden bisher die Meßsequenzen mit den Kanalmeßsequenzen (Mittambeln oder Pilotsignalen) gleichgesetzt. Es ist jedoch
10 auch möglich, eigene Phasenmeßsequenzen allein oder in Kombination mit Kanalmeßsequenzen einzusetzen. Die Fig 4 und 5 zeigen dafür Beispiele.

Dies kann z.B. dann vorteilhaft sein, wenn ein größerer Meßbereich für die Frequenzabweichung gebracht wird. Hierzu
15 werden in einem Kanal Meßsequenzen zur Phasendifferenzmessung eingefügt. In Fig 4 ist ein Funkblock gezeigt, der in zwei datentragende Teile da eine eingebettet Mittambel ma zeigt. Zu Beginn und Ende des Funkblock sind zusätzliche Meßsequenzen
20 angeordnet. Die Position und Anzahl der Meßsequenzen, kann auch davon abweichen, abhängig von den Erfordernissen für Meßbereich und Auflösung.

Für die Messung der Phasendifferenz werden nach Fig 3 allein
25 die eingefügten Meßsequenzen verwendet. Eine weitere Ausgestaltung sieht vor, daß für die Messung der Phasendifferenz Teilsequenzen der Kanalmeßsequenzen benutzt werden. Auch die Messung der Phasendifferenz zwischen Kanalmeßsequenzen und zusätzlichen Meßsequenzen ist möglich.

30 In Fig 4 ist das Einbringen der Meßsequenzen in Signale einer kontinuierlichen Übertragung gezeigt. Zwischen den Kanalmeßsequenzen ma ist ein datentragender Abschnitt da ohne Sendepause angeordnet, wobei die zusätzlichen Meßsequenzen zu
35 Beginn und Ende dieses datentragenden Abschnitts da angeordnet sind.

In einer Teilnehmerstation MS nach Fig 6 werden Empfangssignale über eine Antenne empfangen und in einer Empfangseinrichtung verstärkt, ins Basisband übertragen und digitalisiert. Das digitalisierte Basisbandsignal mit seinen Quadraturkomponenten wird zum einen direkt und zum anderen, um den zeitlichen Abstand Δt der Meßsequenzen verzögert, über ein Verzögerungsglied DD auf einen Differenzbildner D geführt.

Es werden in dem Differenzbildner D die komplexen Differenzen der beiden Signale gebildet, wobei innerhalb der Meßsequenzen erst dann die Differenz bestimmt wird, wenn der Einfluß der Mehrwegeausbreitung abgeklungen ist. Diese Phasendifferenz wird in einer Steuereinrichtung SE nachbearbeitet und mit Hilfe eines Tiefpasses geglättet.

15

Aus dem durch die Glättung ermittelten Mittelwert für die Phasendifferenz wird über eine Tabelle eine Frequenzabweichung bestimmt und entsprechend einer Abstimmsteilheit eine Nachsteuerspannung für einen Takt- und Frequenzgeber MC bestimmt. Damit wird die Frequenznormale des Takt- und Frequenzgeber MC nachgeregelt. Der des Takt- und Frequenzgeber MC entspricht einer Regeleinrichtung. Statt dem Differenzbildner D in Form einer Subtraktionsschaltung D kann auch eine Anordnung zur direkten Bestimmung der Phasendifferenzen eingesetzt werden.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Frequenzsynchronisation von Teilnehmerstationen (MS) eines Funk-Kommunikationssystems,
5 bei dem eine Teilnehmerstation (MS)
 - über eine Funkschnittstelle mit einer Basisstation (BS) verbunden ist,
 - zumindest zwei getrennte Meßsequenzen der Basisstation (BS) empfängt und auswertet, wobei die Teilnehmerstation
 - 10 (MS) den zeitlichen Abstand der zwei Meßsequenzen kennt, ~~eine Phasendifferenz zwischen den zwei Meßsequenzen~~
bestimmt,
 - aus der Phasendifferenz eine Frequenzabweichung ermittelt,
 - basierend auf der Frequenzabweichung eine Frequenznormale
 - 15 nachregelt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Meßsequenzen Mittambeln oder Teile von Mittambeln innerhalb Funkblöcken entsprechen, wobei die Mittambeln zur Kanalschätzung vorgesehen sind.
20
3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Meßsequenzen zusätzlich zu Mittambeln gesendet werden.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Phasendifferenz zwischen aufeinanderfolgenden Meßsequenzen bestimmt werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem
30 die Phasendifferenz zwischen nicht aufeinanderfolgenden Meßsequenzen bestimmt werden.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 4 und 5, bei dem für eine Frequenzsynchronisation zuerst das Verfahren nach
35 Anspruch 4 und darauf das Verfahren nach Anspruch 5 durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem für eine funkblockartige Übertragung die Meßsequenzen zu Beginn und Ende des Funkblocks angeordnet sind.

5 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem für eine kontinuierliche Übertragung die Meßsequenzen zu Beginn und Ende eines datentragenden Abschnitts angeordnet sind.

10 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Beginn der Meßsequenzen für die Phasendifferenzbestimmung nicht berücksichtigt wird, sondern erst die Teile der Meßsequenzen, die nach Ablauf einer Umweglaufzeit eintreffen.

15 10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die bestimmten Phasendifferenzen vor der Ermittlung der Frequenzabweichung gemittelt werden.

20 11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Frequenzsynchronisation nach einem iterativen Verfahren erfolgt.

5 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Funkschnittstelle nach einem TDD-Übertragungsverfahren mit TD-CDMA-Teilnehmerseparierung organisiert ist.

13. Teilnehmerstation (MS)

mit einer Empfangseinrichtung (EE) zum Empfangen von Signalen einer Basisstation (BS) über eine Funkschnittstelle,

30 mit einem Differenzbildner (D) zum Auswertung von zwei getrennten, in den Signalen der Basisstation (BS) übertragenen Meßsequenzen, und zum Ermitteln einer Phasendifferenz zwischen den zwei Meßsequenzen,

mit einer Steuereinrichtung (SE) zum Ermitteln einer Frequenzabweichung aus der Phasendifferenz unter Kenntnis des zeitlichen Abstands der zwei Meßsequenzen, und

35

mit einer Regeleinrichtung zum Nachregeln einer Frequenz-
normalen basierend auf der Frequenzabweichung.

Zusammenfassung

Korrektur von Frequenzfehlern in Teilnehmerstationen

- 5 Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Frequenzsynchronisation von Teilnehmerstationen eines Funk-Kommunikationssystems ist die Teilnehmerstation über eine Funkschnittstelle mit einer Basisstation verbunden. Die Teilnehmerstation empfängt zumindest zwei getrennte Meßsequenzen der Basisstation und wertet
10 sie aus, wobei die Teilnehmerstation den zeitlichen Abstand der zwei Meßsequenzen kennt. Es wird eine Phasendifferenz
zwischen den zwei Meßsequenzen bestimmt und aus der Phasendifferenz eine Frequenzabweichung ermittelt. Somit kann basierend auf der Frequenzabweichung eine Frequenznormale
15 nachregelt werden.

Fig 4

Fig 1

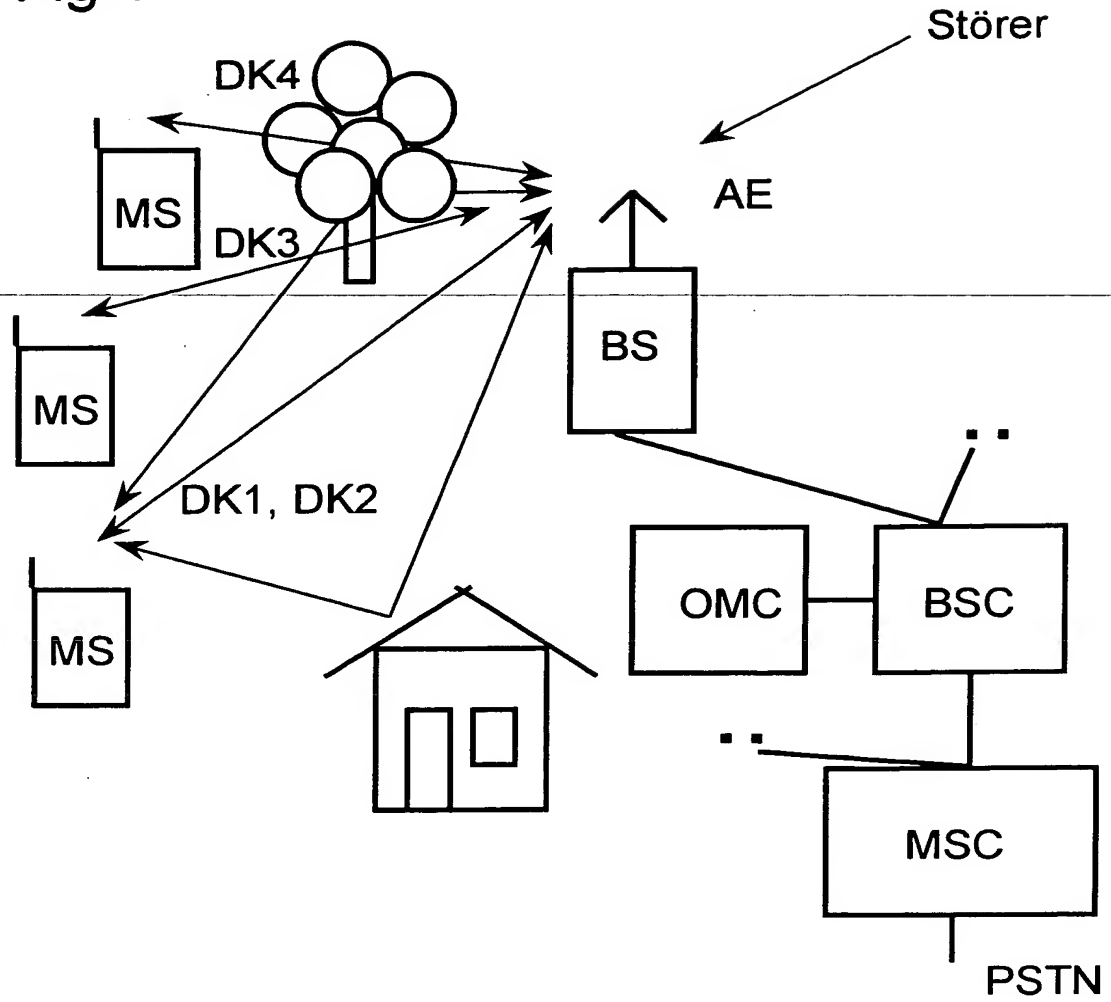


Fig 2

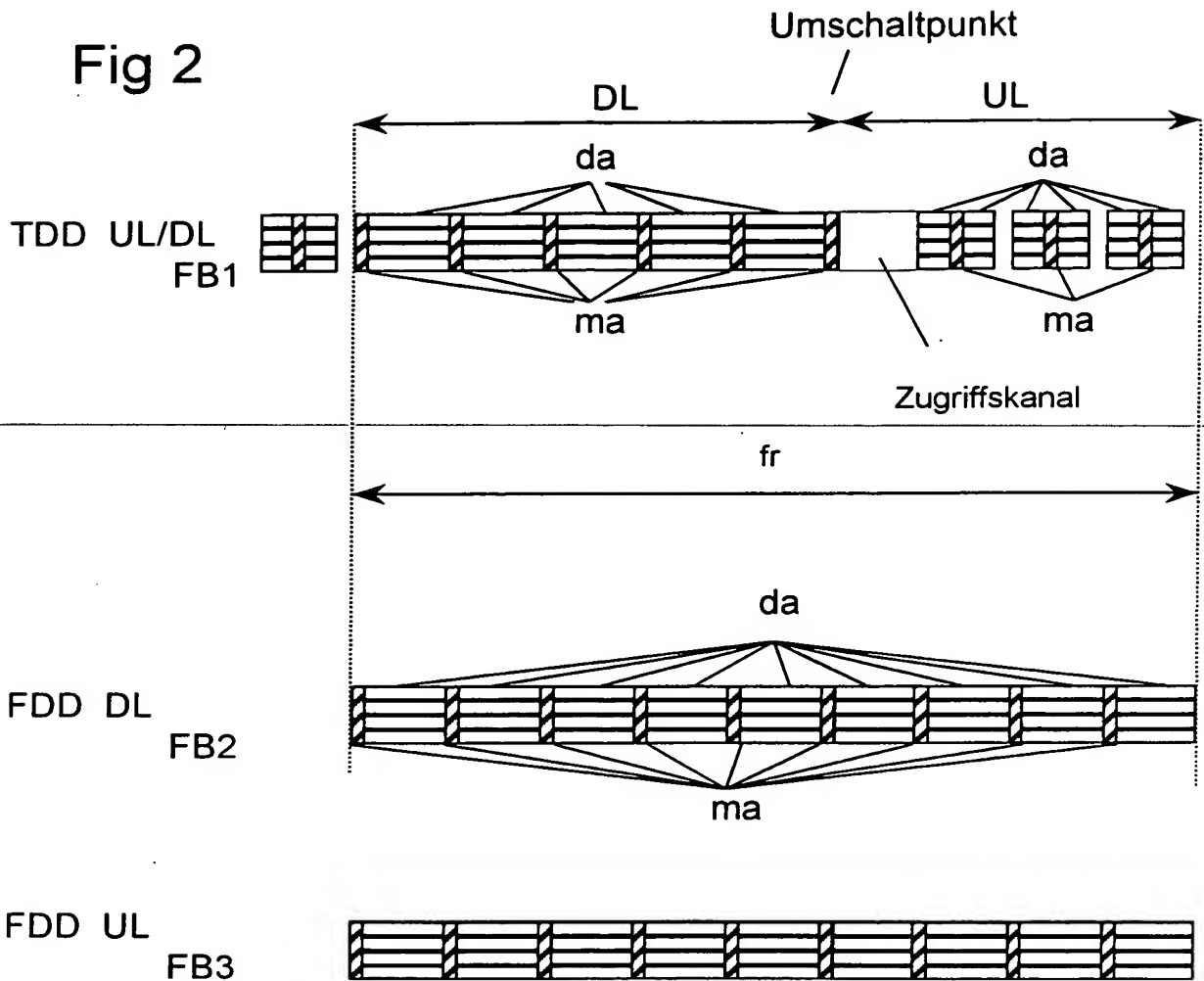


Fig 3

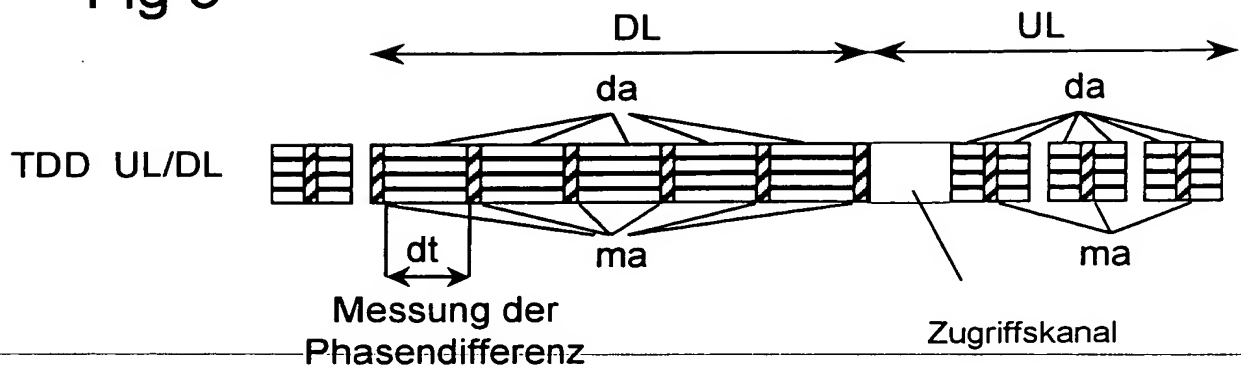


Fig 4

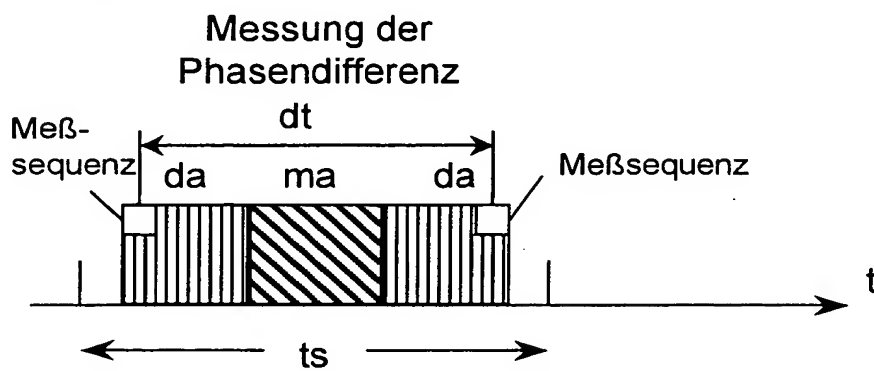


Fig 5

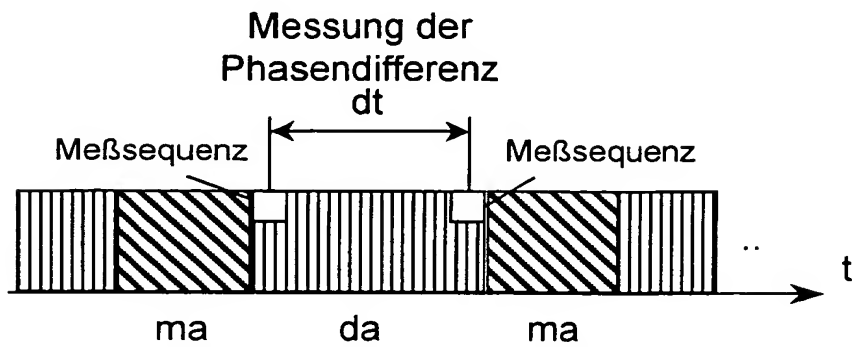
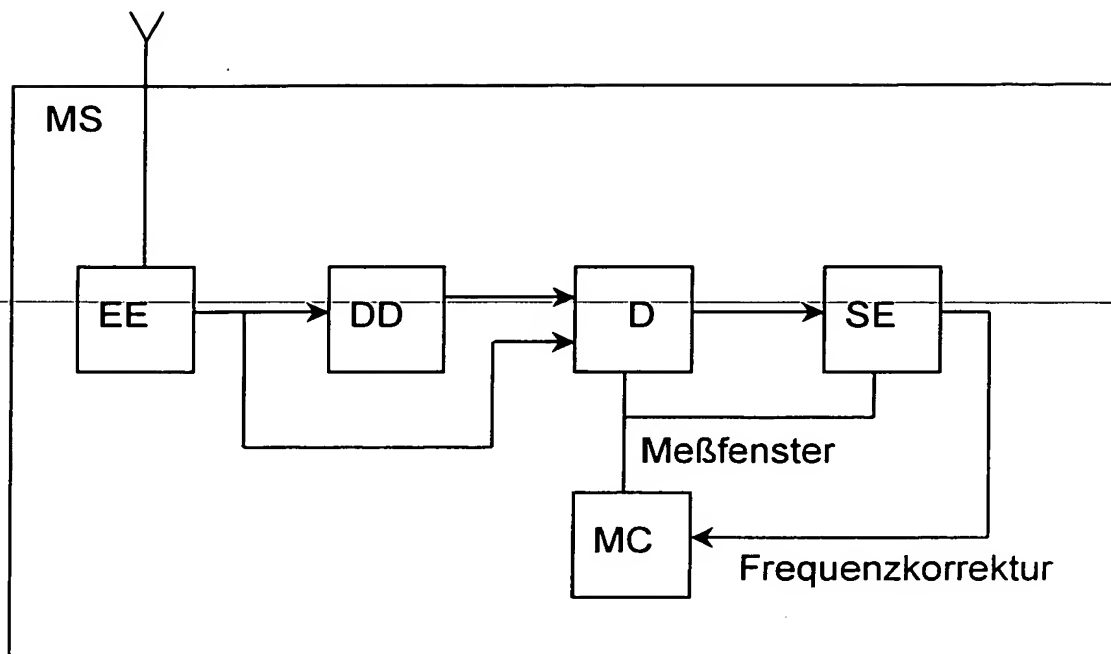


Fig 6



This Page Blank (uspto)